

SYSTÈME DE MESURE INTERFÉROMÉTRIQUE : piezo

Nom des étudiants :

Date :

| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| <i>Date de retour</i> | <input type="checkbox"/> 1 jour de retard | -2pts |
| | <input type="checkbox"/> 2 jours de retard | Note /2 |
| | <input type="checkbox"/> + de 2 jours de retard | Note=0/20 |
| <i>Rangement</i> | <input type="checkbox"/> Rangement non conforme = -2 pts | |
| <i>Fichiers extraits du site</i> | <input type="checkbox"/> Fichiers non copiés sur le bureau avant utilisation = -2 pts | |

| Compétences évaluées | | Compétences détaillées | | Correcteur | N° Question | Non évalué | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|----|------------|-------------|------------|-------------|---|---|---|
| Mener une analyse fonctionnelle du système, identifier ses éléments et vérifier ses performances | | | | | | | | | | |
| C1.5 | Simuler et valider les solutions techniques | Identifier les fonctions du système | CS | 1.3.1 | | | | | | |
| | | Simuler le fonctionnement | OS | 1.3.2 | | | | | | |
| C3.2 | Valider un système | Relever le comportement du système | OS | 2.1.3 | | | | | | |
| | | Comparer les résultats obtenus par simulation et en fonctionnement réel | | | X | | | | | |
| | | Argumenter les écarts constatés | CS | 3.1.5 | | | | | | |
| Mettre en œuvre, régler et contrôler le fonctionnement du système | | | | | | | | | | |
| C2.3 | Régler le système | Identifier le matériel de contrôle | | | X | | | | | |
| | | Mettre en œuvre les appareils de mesurage | CS | 3.1.3 | | | | | | |
| | | Relever les résultats obtenus | OS | 3.1.1 | | | | | | |
| | | Régler les sous-ensembles ou composants | OS | 2.1.1 | | | | | | |
| | | | CS | 2.1.2 | | | | | | |
| OS | 2.1.4 | | | | | | | | | |
| C3.1 | Mettre en œuvre un système optique | Assembler les composants nécessaire au système | | | X | | | | | |
| | | Mettre en œuvre une ou plusieurs opérations techniques permettant le bon fonctionnement du système | CS | 3.1.2 | | | | | | |
| | | Vérifier le fonctionnement | CS | 3.1.4 | | | | | | |
| | | <i>Taux pondéré de compétences et indicateurs évalués :</i> | | | | | 100.00% | | | |
| | | Note brute obtenue par calcul automatique (attention si le taux est <50%, le calcul n'est pas proposé) : | | | | | #DIV/0! /20 | | | |
| | | Note sur 20 | | | | | /20 | | | |
| Appréciation globale | | | | | | | | | | |

GRILLE DE NOTATION A REMPLIR PAR LES ENSEIGNANTS

cadre 1 : Barème de correction.

TOUS LES FICHIERS A UTILISER DANS CE TP DOIVENT ETRE EXTRAITS DU FICHIER ZIP DU SITE SUR VOTRE BUREAU AVANT D'ETRE UTILISES !! -2 POINTS AU TP SI CELA N'EST PAS FAIT.

SYSTÈME DE MESURE INTERFÉROMÉTRIQUE

1. ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

1.1. Éléments à votre disposition

- 1.1.1. Matériel
- 1.1.2. Documentation
- 1.1.3. Logiciels

| Liste du matériel |
|---|
| Interféromètre de Michelson sur microbanc constitué de : <ul style="list-style-type: none"> • Laser He-Ne + aliment. • Miroir • Cubes séparateurs • Lentille $f' = 20 \text{ mm}$ • Lames $\frac{1}{4}$ onde • Polariseurs • Éléments mécaniques de liaison et de réglage Récepteurs à fibres Boîtier électronique Compteur Métrologie Miroir à déplacement piézo (à étudier) + alimentation + jauge de déformation Pont extensométrique Micro-ordinateur Module USB 6009 Oscilloscope analogique Imprimante |

cadre 2

| Liste de la documentation |
|---------------------------|
| Dossier technique |

cadre 3

| Liste des logiciels |
|---------------------------|
| Piezo Labview Excel |

cadre 4

1.2. Introduction - Problématique

Est-ce que l'ensemble piézo + système de mesure du TP permettrait de réaliser la fonction du microscope interférométrique? (Réponse à donner en fin de l'étude d'analyse des performances).

1.3. Travail demandé

1.3.1. Analyse fonctionnelle

Diagramme de cas d'utilisation

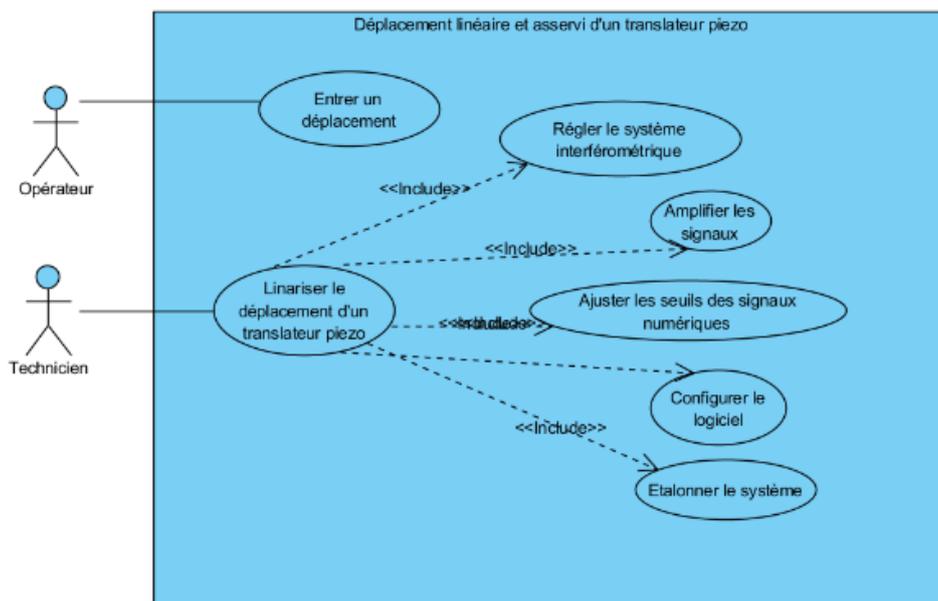
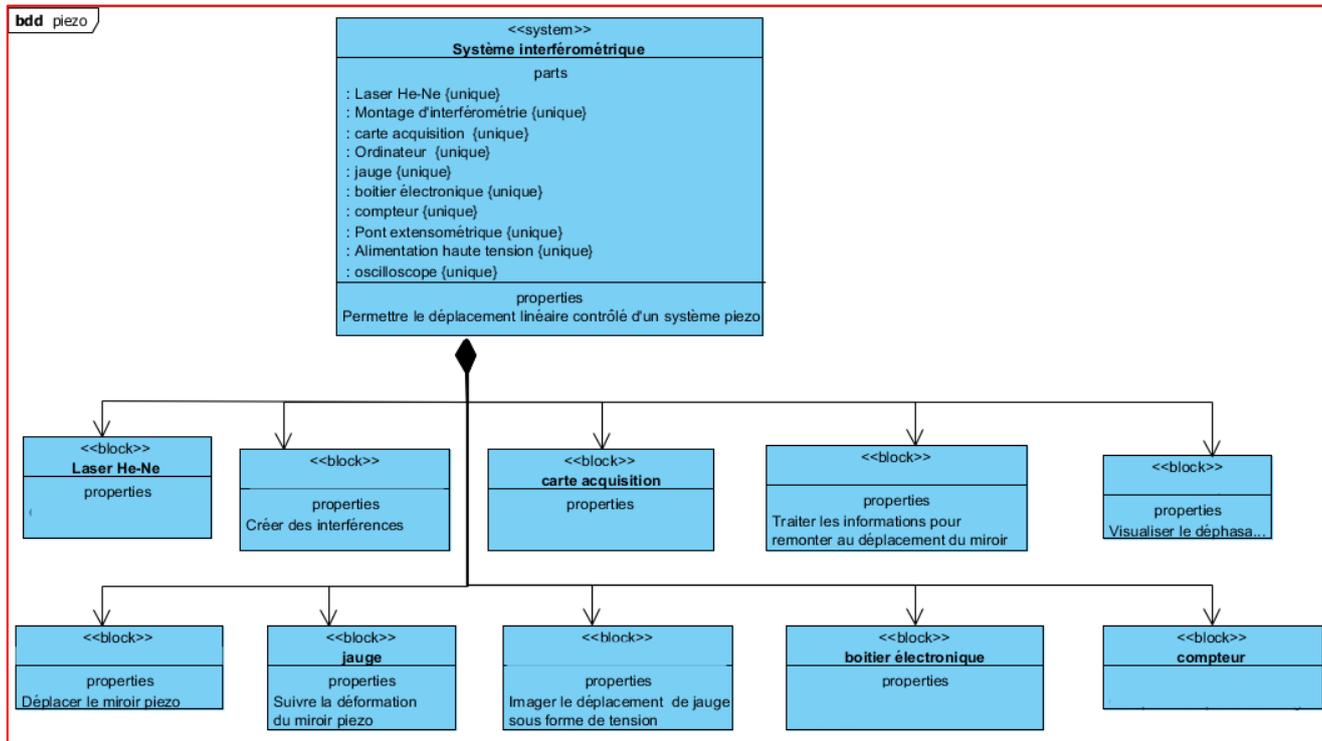


Diagramme de définition des blocs

Compléter le diagramme de blocs (voir synoptique du système cadre 9)

Réponse : voir cadre 4



cadre 5 : Diagramme de blocs

1.3.2. Étude du système interférométrique - Principes mis en œuvre

1.3.2.1. Résolution

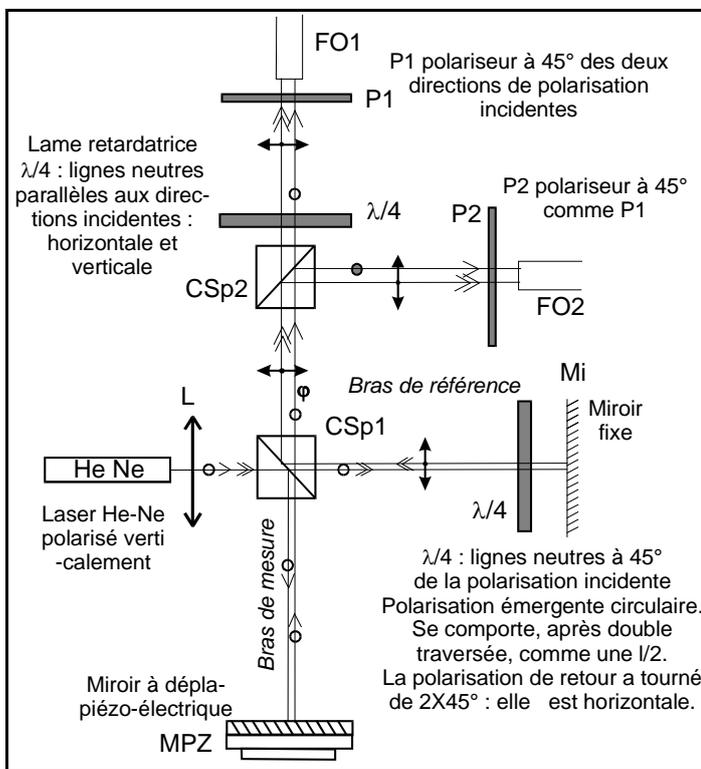
Les bras du Michelson présentent une **différence de chemin optique** δ_0 après réglages. Il sera δ après déplacements x du miroir M_{pz} du cadre 6.

La variation de chemin optique est donc : $\Delta\delta = 2n x (1)$

Le compteur Métrologic est incrémenté lors du défilement **d'un quart de frange**. Lorsque N quarts de franges ont défilé, la variation de chemin optique est :

$$\Delta\delta = N\lambda/4 (2)$$

Quel déplacement minimum du miroir peut-on détecter ? (On suppose $n \approx 1,00028$ et $\lambda_0 = 632,99143$ nm dans le vide).
 Quel est l'affichage du compteur lorsque le déplacement est de $7,9 \mu m$?



cadre 6 : L'interféromètre.

Réponse :

1.3.2.2. Comptage

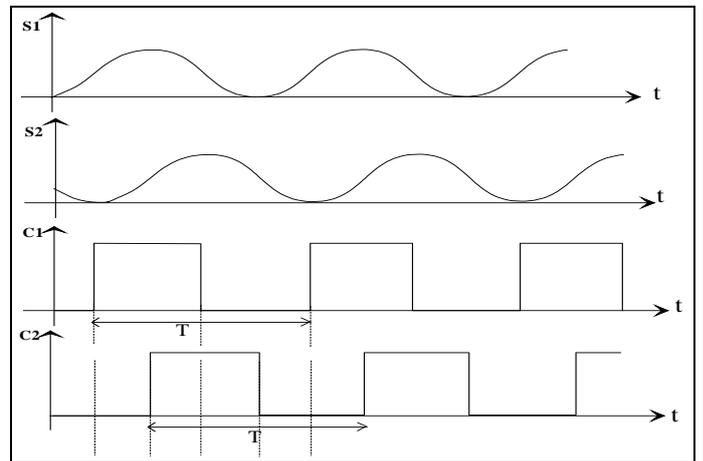
On réalise à l'aide de l'interféromètre deux systèmes d'anneaux. Les capteurs à fibres optiques perçoivent les intensités lumineuses derrière les polariseurs :

$$I_1 = I_0 \left(\frac{1 + \cos \varphi}{2} \right) \quad \text{et} \quad I_2 = I_0 \left(\frac{1 + \sin \varphi}{2} \right).$$

Quand le déphasage $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$ entre les faisceaux varie au cours du temps, les capteurs produisent des tensions électriques s_1 et s_2 proportionnelles aux intensités lumineuses. On ne visualise à l'oscilloscope que les **parties variables** $X(t)$ et $Y(t)$ de ces tensions.

$X(t)$ et $Y(t)$ sont imposées aux deux voies de l'oscilloscope (mode XY), qu'observe-t-on à l'écran ? (Justifier en calculant X^2+Y^2 .)

Réponse :



cadre 7: Allure des signaux.

L'allure des signaux (supposés de période T) issus du boîtier électronique vous est donnée cadre 7 (s_1 , s_2 , c_1 , c_2) :

- s_1 , s_2 représentent les signaux analogiques transmis lors du défilement des franges ;
- c_1 , c_2 représentent les signaux mis en forme, images des franges.

On utilise les 2 signaux c_1 , c_2 déphasés de $T/4$.

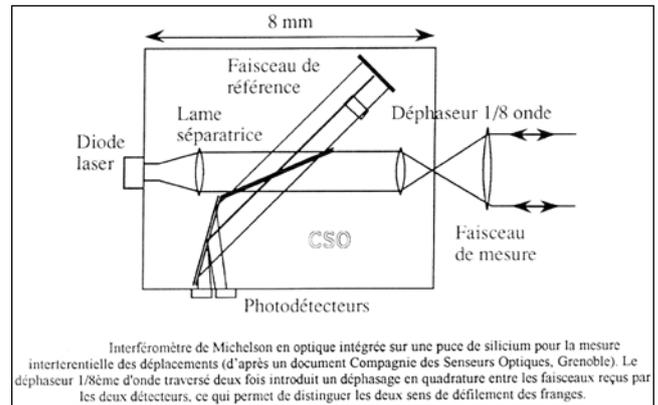
- Quelle est la plus petite variation Δt mesurable (en utilisant tous les fronts de c_1 et c_2 pendant une période T de c_1 ?
- Peut-on dans ce cas déterminer le sens de déplacement ? (Justifier.)

Réponse :

1.3.2.3. Système interférométrique CSO

La société CSO commercialise un capteur interférométrique (voir cadre 8 et cadres 5 et 6 du dossier technique).

- Comparer le circuit optique intégré et le montage de ce T.P (cadre 6) (points communs; différences).
- Préciser dans le système CSO le rôle de la lame déphasante, de la lame semi-transparente, du miroir séparateur de faisceaux. Quels sont les équivalents dans le montage du TP ?
- Expliquer le rôle des lames $\lambda/4$ dans le montage d'étude.
- Que peut-on dire du principe de traitement utilisé dans les deux systèmes ?



cadre 8: Interféromètre CSO en optique intégrée.

Réponse :

2. MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME

2.1. Travail demandé

2.1.1. Déplacement piézo-électrique du miroir Mpz

2.1.1.1. Introduction

On se propose d'appliquer une tension U_{Piezo} croissante puis décroissante au translateur piézo-électrique et d'étudier le déplacement du miroir qui lui est solidaire.

2.1.1.2. Réalisation du montage

- Réaliser le montage donné cadre 9
- Faire vérifier le montage par un professeur.**

2.1.1.3. Principe

2.1.1.4. Connectique compteur et alimentation piézo

2.1.2. Jauge de déformation

2.1.2.1. Introduction

2.1.2.2. Réglage du pont extensiométrique et connectique

Faire vérifier le montage par un professeur.

2.1.3. Mesures : Étude du déplacement piézo-électrique et étalonnage de la jauge de déformation

- Visualiser et éditer sur imprimante(sous labview exporter une image simplifiée)les graphes suivants :
 - $U_{Jauge} = f(U_{Piezo})$;
 - $x = f(U_{Piezo})$;
 - $U_{Jauge} = f(x)$ en ayant préalablement tracé une droite de régression linéaire.

Réponse :

Voir ...

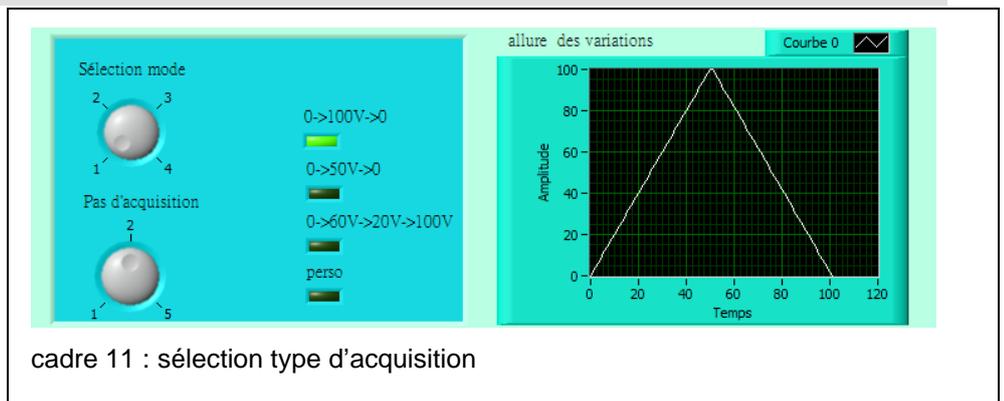
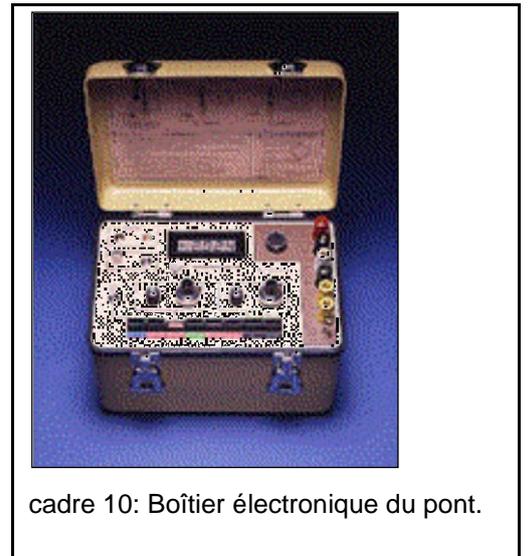
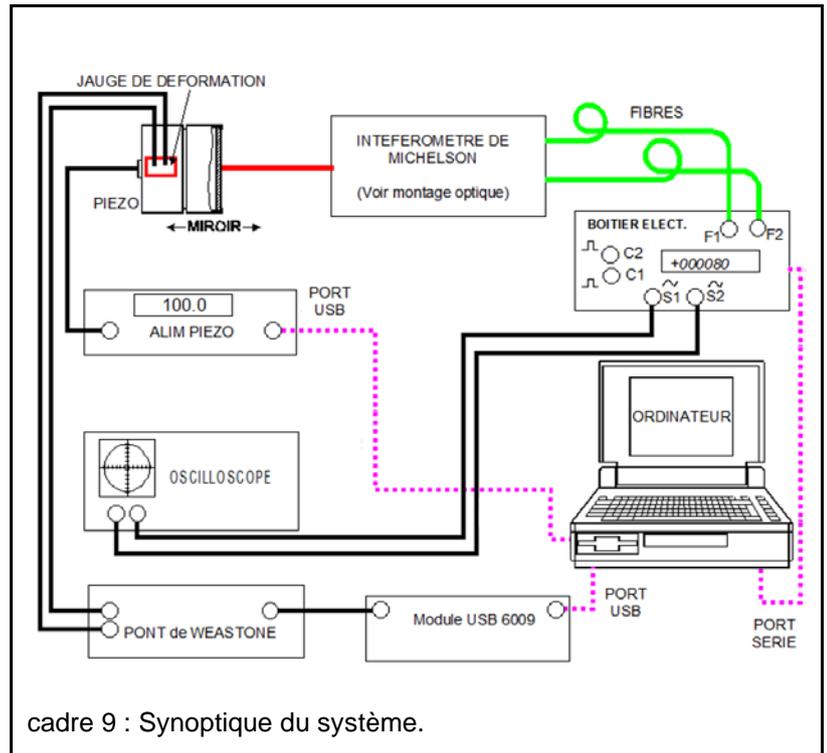
- Sauvegarder vos mesures dans le menu fichier sous mesure-jauge « vos initiales »

2.1.4. Étude de l'hystérésis

Observer le graphe $x = f(U)$ et noter les positions x pour $U = 50$ V.

Sous **Type d'acquisition** refaire une étude du déplacement du miroir lorsque la tension effective du chemin 0, 60, 20, 100, 0 Volts en choisissant mode d'acquisition 3.

Quelles sont les positions atteintes par le miroir quand $U = 50$ V ?



Sauvegarder sous *hysteresis* » vos initiales »

Expliquer pourquoi on peut dire que la position atteinte par le miroir dépend du chemin suivi par la tension U_{Pie} .

zo.

Réponse :

Voir ...

Faire vérifier le programme par un professeur.

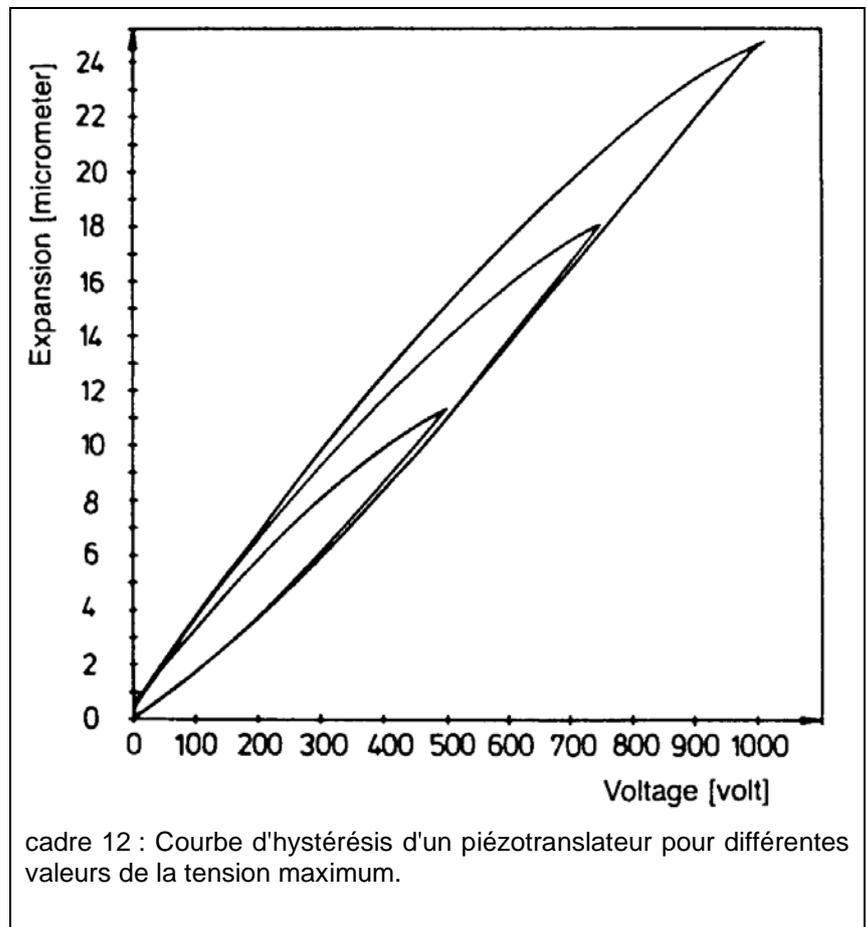
3. ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

3.1. Travail demandé

3.1.1. Hystérésis

- Pourquoi dit-on qu'il y a hystérésis ?
- Représenter en rouge le graphe du déplacement x pour une tension U variant de 0 à 750 V puis de 750 V à 500 V puis de 500 à 1000 V.

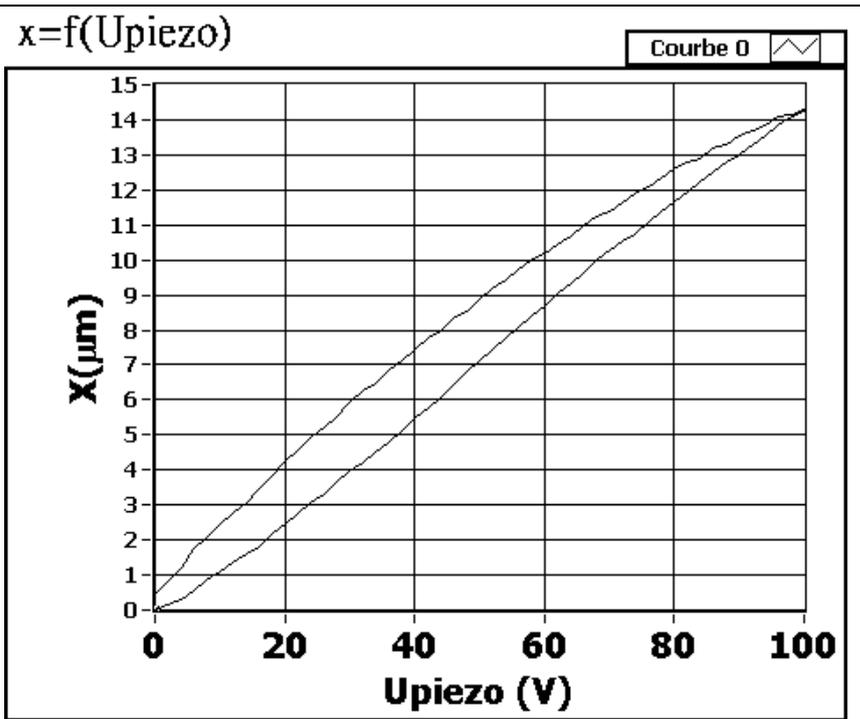
Réponse : voir cadre 11



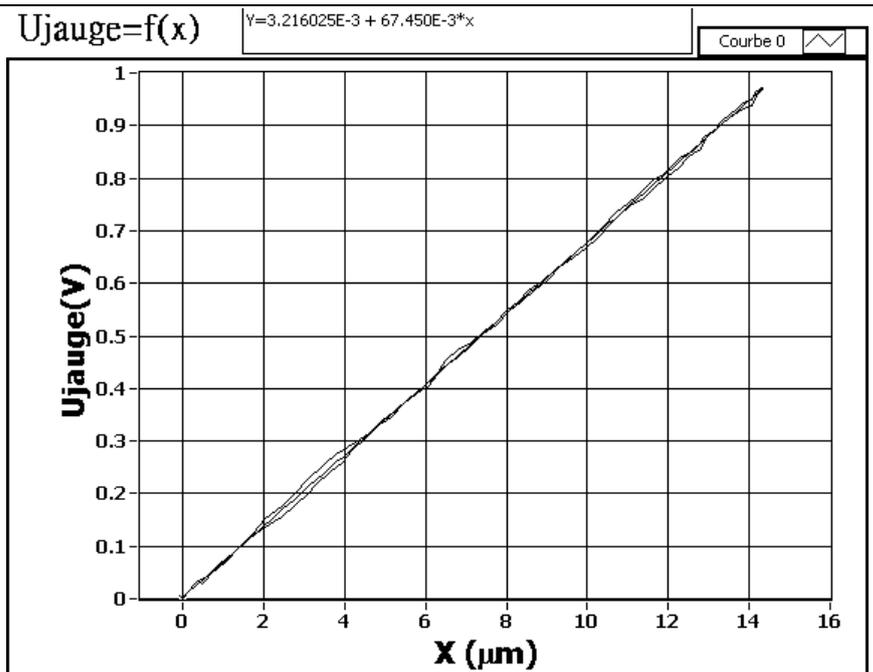
3.1.2. Étude du déplacement piézo- électrique d'un miroir Mpz

- Dans le cas du miroir à déplacement piézo électrique (cadre 12 et cadre 13), lorsqu'on a un déplacement de $10\ \mu\text{m}$, quelle peut être la tension U_{Piezo} imposée au cristal piézo ? Peut-on dire quelle est la tension U_{Jauge} fournie par la jauge de déformation qui lui est solidaire ?
- Quelle tension (U_{Piezo} ou U_{Jauge}) renseigne sur la position x avec la meilleure précision ?
- Noter la valeur de la pente a de la droite de régression linéaire : $a = \text{_____ V}/\mu\text{m}$ de votre graphe $U_{\text{jauge}} = f(\text{Dépl } x)$.

Réponse :



cadre 14 :Exemple de mesure du déplacement $x(\mu\text{m})$ en fonction de U_{piezo} (V).



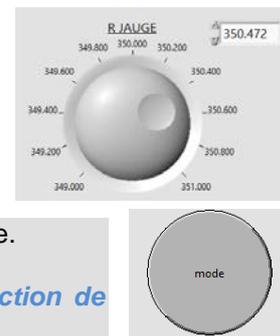
cadre 13 : Déplacement x mesuré en fonction de

$$U_{\text{jauge}} : x \approx 6,60 \cdot 10^{-2} \cdot U_{\text{jauge}} + 0,003$$

3.1.3. Étalonnage de la jauge de déformation

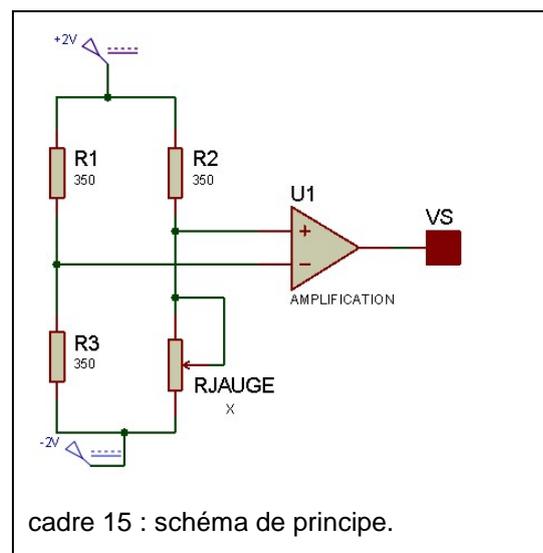
- Charger le fichier Labview **Jauge.vi** celui-ci est associé à la dll JAUGE1.DLL simulant le principe de fonctionnement d'un pont de wheaston associé à un amplificateur différentiel (cadre 15).
- La résistance de la jauge vaut 350 Ω au repos.

- Fixer la résistance de Jauge à 350Ω. Deux graphes permettent de retrouver Udiff (tension différentiel à l'entrée de l'AOP) et VS la tension de sortie. Précisez dans ce cas les valeurs Udiff et VS.
- Fixer R_{Jauge} à 350.1 Ω, précisez la valeur de la tension de sortie Vs ainsi que la valeur de la tension différentielle d'entrée Udiff. En déduire le coefficient d'amplification de l'ensemble.



- **Le bouton mode permet de montrer l'évolution de la tension de sortie Vs en fonction de Rjauge.**

- Sélectionner avec la souris la fonction mode. Lorsque l'on applique une tension piezo égale à 100 V, on trouve en sortie Vs de notre amplificateur différentiel une tension de 40 mV. Retrouver à l'aide du curseur associé au graphe la valeur R de la jauge correspondant à Vs = 40 mV.
- Est-ce qu'un multimètre de précision 0.1 % aurait permis de déterminer la valeur de R correspondant à Vs = 40 mV ?

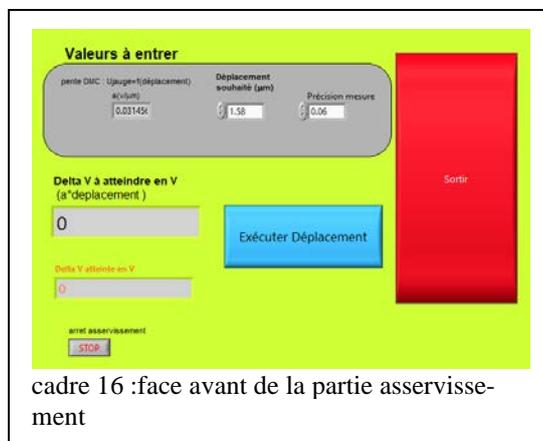


Réponse :

3.1.4. Déplacement asservi du miroir Mpz

Nous allons utiliser maintenant la tension U_{Jauge} pour contrôler le déplacement du translateur piézo. La tension U_{Piezo} imposée au quartz dépendra de la tension de consigne U_{Jauge} fournie par la jauge.

- Sélectionner la commande **Asservissement du programme piézo.**
- Demander un déplacement d'environ 1,58 μm en cliquant sur Exécuter le Déplacement.
- Quelle est la valeur N que le compteur *Métrologic* doit afficher en fin de déplacement ?



Réponse :

- Recommencer plusieurs fois pour d'autres déplacements afin de vérifier le bon fonctionnement de l'asservissement.

Faire une démonstration en la commentant à un professeur.

3.1.5. Problématique

Dans la salle B008, nous avons un microscope interférentiel qui permet de mesurer des rayures sur des surfaces polies en mode PSI. La méthode PSI (phase shifting interferometry) s'apparente au Moiré par projection de franges avec décalage de phase. Ce décalage de phase est réalisé à l'aide d'un piezo, le déplacement de celui-ci est de l'ordre de $0.079 \mu\text{m}$ pour chaque déphasage de $\pi/2$.

Est-ce que l'ensemble piézo + système de mesure du TP permettrait de réaliser la fonction du microscope interférométrique ? Si non, comment améliorer la précision du dispositif de TP (argumenter votre réponse : précision par chaque déphasage et déplacement total= 2π)

Réponse :